유기성폐기물자원화
제 2 권 제 2 호, 19~29 , 1994

Journal of KOWREC
Vol. 2, No. 2, 19~29, 1994

제지슬럿지의 퇴비화를 위한 반응변수 연구

한신호*, 정영륜**, 조천희*, 강문희*, 오세균*

*한국화학연구소 펄프제지연구실
**경상대학교 자연과학대학 미생물학과

Studies on Reaction Parameters for Composting of Paper Mill Sludge in a Small-Scale Reactor and Static Piles

Shin Ho Han*, Young Ryun Chung**, Cheon Hee Cho*, Moon Hee Kang*,
Say Kyun Oh*

*Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon 305-606, Korea
**Gyeongsang National University, Department of Microbiology,
Chinju 660-701, Korea

ABSTRACT

A large volume of paper mill sludge(PMS) is produced every day from paper industries after treatments of waste water and it costs too much to dispose of the sludge. Since PMS consists mostly of biodegradable organic matter, cellulose, it is desirable to recycle it by proper treatments such as composting. In this study, experiments were conducted using a small scale reactor(12l) to establish optimum conditions for efficient composting of PMS of which initial pH, C/N ratio, and moisture content were 7.1, 28~30, and 60~65%, respectively. No heavy metals such as mercury, cadmimum, and lead were not detected in the PMS.

Various levels of forced aeration, 1 minute aeration per every 30, 60, 120, 240, and 480 minutes were applied and 1 minute aeration per 60 and 120 minutes found to be proper for composting of 8l PMS in this system. Relationship between CO_2 production and temperatures was positively correlated with r> 0.82 suggesting that the normal decomposition of PMS by microorganisms occurred. However, under the condition of aeration interval over than 240 minutes, a negative relationship between two parameters was found indicating the occurrence of abnormal(maybe anaerobic) degradation.

The amount of added nitrogen also affected composting of PMS resulting in the increase of CO_2 production and temperature. Semi-field tests using 100kg PMS in a static pile sysem showed that PMS could be composted efficiently under optimal environmental conditions. The parameters determining efficiency of composting such as C/N ratio, aeration, moisture content, and pH need to be monitored.

초 록

펄프 제지공장에서 다량으로 발생되는 제지슬럿지를 재활용하기 위한 한 방법으로 퇴비화를 시도하였으며, 이에 필요한 적절한 반응변수를 조사하기 위하여 소형반응조와 정체식 더미를 이용하여 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 제지슬럿지의 성분분석 결과 pH가 7.1, C/N 비 28~30, 수분이 60~65% 정도로 퇴비화에 적정한 수준이었으며 수은, 카드뮴, 납 등 중금속은 전혀 검출되지 않았다.

공기공급량과 질소원량에 따른 CO_2 방출량과 온도변화를 조사하였는데, 1시간 또는 2시간에 1분씩 강제송풍(2리터/분)을 해준 경우 반응기에 넣고 60시간까지 CO_2 방출량과 온도가 서서히 증가하였으나 그 이후로는 감소하기 시작하였다. 그러나, 30분 마다 1분씩 송풍을 하였을 때는 CO_2 방출량은 바로 감소하기 시작하였고 온도는 24시간 후부터 떨어지기 시작하였다. CO_2 방출량과 온도간의 상관관계를 구해보면 3처리 모두 고도의 정상관($r=0.802$, 0.816, 0.985)을 보여 퇴비화가 미생물의 정상적인 활동에 의해 진행되고 있음을 알 수 있다. 그러나, 송풍간격을 4시간 또는 8시간에 1분씩으로 하였을 때는 CO_2 방출량은 시간이 경과 할 수록 감소하였으나 온도는 전자의 경우 24시간까지 올라갔다가 감소하기 시작하였고 후자의 처리시에는 48시간까지 높아졌다가 떨어지기 시작하였다. CO_2 방출량과 온도간의 상관관계는 $r=-0.93$으로 고도의 부상관을 보였다. 이것으로 보아 이 상태에서는 정상적인 호기적 조건에서의 미생물활동이 진행되지 않는것으로 생각되며, 산소부족에 의한 혐기성생물작용이 일어난 것으로 생각되었다.

요소 첨가량에 따른 퇴비화 진행정도를 보면 0.5%, 1.0% 요소용액 처리시 처리 1일 후까지 CO_2 방출량과 온도가 증가하였다가 그 이후로는 감소하였으나, 2.0% 용액 처리시에는 48시간까지 증가하다가 감소하였다. 이 결과 역시 CO_2 방출량과 온도와의 상관관계는 고도의 정상관을 보여 정상적인 미생물 분해 활동이 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

100kg의 제지슬럿지에 1% 요소용액을 살포하여 섞은뒤 static pile system으로 실내 공간에 쌓아두고 적절한 간격으로 뒤짚어 주면서 16일간 온도, pH, 및 미생물밀도, C/N 비 변화를 조사하였다. 처리후 3일까지 온도가 증가하여 65°C에 도달하였고 그 이후로는 감소하여 16일째는 거의 외기온과 비슷하였다. pH는 초기에 7.5였으나 계속 증가하여 4일째에는 약 8.3으로 유지되었고 8일 이후 점차 감소하기 시작하였다. 퇴비화진행의 직접적인 지표로 중온성 및 고온성 미생물의 밀도는 초기에 중온성 미생물이 고온성 미생물에 비하여 높았으나 시간이 경과하면서 고온성 미생물의 밀도가 높아져 온도변화와 유사한 변화를 나타내었다. C/N 비는 처리전 약 30 이었으나 16일 후에는 약 20으로 감소하였다.

이상의 결과로 미루어 볼때 제지슬럿지는 그 발생원에 따라 약간씩 차이는 있겠지만 적당한 퇴비화 조건이 찾아지면 효율적으로 퇴비화 시킬 수 있을것으로 생각되었다.

핵심용어: 제지슬럿지, 퇴비화, CO_2 발생량, 온도, 중고온성 미생물 밀도, 탄질율

1. 서 론

최근 우리나라 유기성 폐기물의 급격한 증가와 이것의 소각 및 토양매립 처분으로 인한 환경오염이 사회적으로 심각한 문제로 대두되고 있다. 유기성 폐기물은 거의 대부분이 토양에서 미생물에 의해 분해될 수 있는 것으로 주방 폐기물, 농축산 폐기물, 도시하수 슬럿지, 식료품 제조업 및 제지공장 슬럿지 등의 산업 폐기물이 이에 속한다. 이 중에서도 제지슬럿지는 국내의 년간 발생량이 100여만톤에 이르고 있으며 주로 매립, 해양투기와 소각에 의한 방법으로 처리되고 있는 데 처리비용만도 전국적으로 수십억원에 달하고 있다.[1), 6)] 외국에서도 제지슬럿지의 처리는 심각한 문제가 되고 있어 미국의 경우 펄프제지공장 슬럿지의 약 21% 정도가 소각에 의해 처리가 되고 있다. 그러나, 슬럿지는 수분함량이 높아 소각로에서 문제발생의 원인이 되고 있으므로 최근에 이의 효과적인 처리를 위하여 퇴비화(composting) 방법을 도입하는 제지공장이 늘어나고 있다.[2), 12)]

퇴비화는 미생물의 호기적 유기물 분해를 이용한 유기성 폐기물 처리방법 중의 하나로 단순하게 말하면 미생물이 유기물을 '썩히는' 과정이다. 이 방법으로 폐기물을 처리하면 폐기물을 바로 토양에 매립할 때 발생되는 악취, 침출수에 의한 지하수 오염, 동물 및 인체의 병원균 전파등의 문제를 상당히 감소시킬 수 있고, 또 퇴비화 과정 중 유기탄소가 미생물 호흡에 의해 이산화탄소로 소실되므로 전체적인 폐기물의 분량이 감소된다. 그러므로, 퇴비화 기술은 가장 환경오염이 적고 효과적인 유기성 폐기물의 처리방법으로 생각되어 외국에서는 지난 30년간 이 기술에 관한 수 많은 연구가 수행되었으며, 현재는 여러 나라의 도시에서 이 방법의 사용과 도입이 급격히 증가되고 있다[3), 8), 14)].

유기성 폐기물의 퇴비화를 위해서는 효과적이고 실용적인 공정기술 개발이 아주 중요하다. 우리나라를 비롯한 동아시아 여러나라에서는 옛날부터 오랜 기간동안 식량작물의 재배를 위하여 가축분뇨, 풀, 짚, 흙 등을 쌓아 뒤집어 주면서 퇴비를 제조하여 하여 사용해 오고 있다. 서양에서도 최근 각국의 폐기물 특성에 맞는 여러가지 공정이 개발되어 이들 나라에서 발생되는 폐수슬럿지, 가축분뇨, 도시쓰레기 등의 유기성 폐기물을 처리하기 위하여 사용되고 있다.[4), 9)]

국내의 제지공장에서 매일 대량으로 배출되고 있는 제지슬럿지는 주성분이 유기물이므로 효과적, 경제적으로 퇴비화하여 토양에 사용한다면 척박해진 토양의 유기물 함량 증가뿐만 아니라 발생되는 슬럿지의 처리 방안으로도 적합할 것이다. 일반적으로 제지슬럿지는 탄질율이 아주 높기 때문에 적절한 질소원이 첨가되어야 부숙이 진행되며 대체로 8~24주의 퇴비화 시간이 필요할 것으로 생각된다. 완전하게 퇴비화가 진행되지 않은 제지슬럿지를 토양에 첨가하면 토양속에 있는 미생물들의 활발한 활동에 의하여 일시적으로 양분부족상태나 질소기아상태가 유발될 수 있고, 이때 발생되는 유해한 물질이나 열로 인하여 작물이 치명적인 해를 받을 수 있

다. 따라서, 실제로 토양에 처리하기 위해서는 슬럿지의 완전한 퇴비화가 필요하다.[2), 3), 5)]

제지슬럿지의 퇴비화 효율을 높이는 것은 슬럿지 내에 존재하는 미생물의 활동을 극대화시키는 것으로 미생물의 활성과 관련된 물리, 화학적 환경요인을 제지슬럿지의 부숙이 최고 속도로 진행될 수 있도록 적절하게 조절하는 것이다. 제지슬럿지의 퇴비화를 촉진시키기 위한 다른 방법으로 슬럿지의 분해를 가속화시키는 균주를 발견하여 주입하는 방법이 있을 수 있으나, 이 방법은 소규모로 폐쇄된 환경내에서 실험 목적으로 사용될 수 있지만, 실제로 현장에서의 응용은 미생물 생태학적인 이유와 경제적인 이유로 그 가능성이 극히 희박하다고 알려져 있다.

본 연구에서는 제지슬럿지를 빠른 기간내에 효율적으로 퇴비화하기 위한 반응공정 및 장치를 개발하기 위한 기초실험으로 소형반응기내에서 공기공급량과 탄질율에 따른 제지슬럿지 퇴비화 과정중의 미생물 밀도변화와 CO_2 생성, 함수율, pH를 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2. 1 사용 반응기 및 슬럿지

반응기는 용량이 12*l* 인 반응조 2개를 포함하고 있으며 일정 시간별로 자동적으로 송풍, 교반을 할 수 있도록 하였고, 반응시 변화되는 온도, CO_2 함량을 sensor에 의하여 측정할 수 있

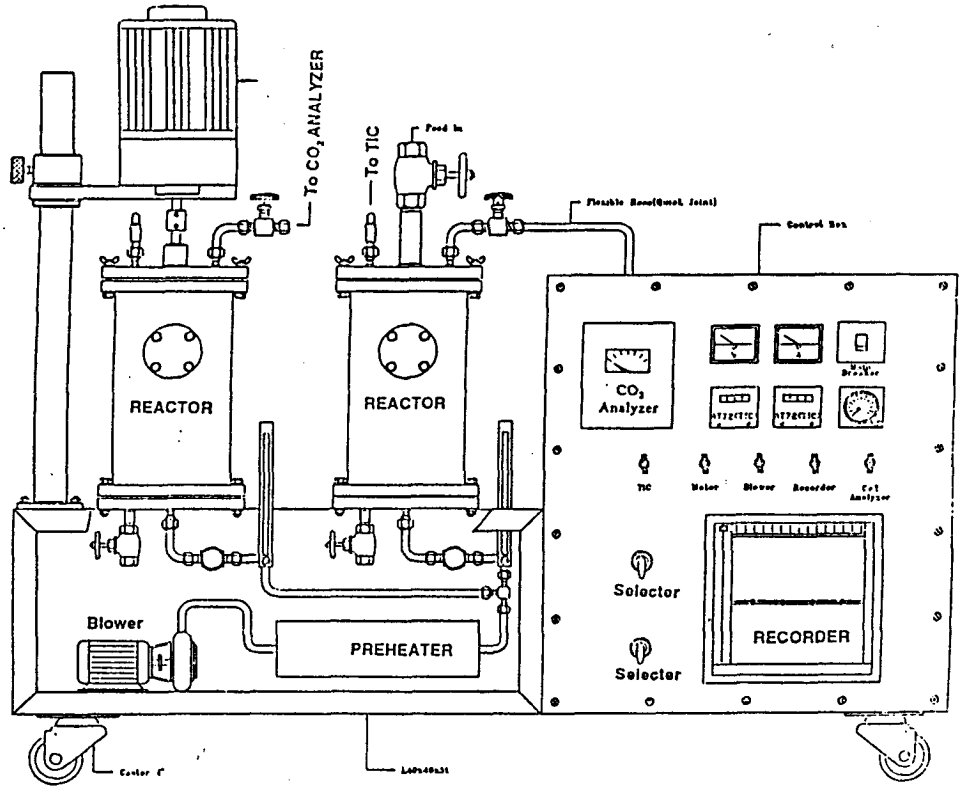

Fig. 1. Reactor for establishing composting system.

도록 Fig.1과 같이 고안하여 제작하여 사용하였다. 슬럿지는 경기도 안산시에 있는 S제지회사의 공장 폐수처리후 발생된 슬럿지로서, 처리전 이화학 성질은 pH 7.1, 함수율 68%, 탄질율 30(폐수 처리시 질소원 첨가), 고형물량 31.7%, 고형물 중의 회분함량 31.2% 이었으며, 수은, 구리, 크롬, 카드뮴, 비소 등의 중금속은 검출되지 않았다.

2. 2 실험 방법

2.2.1 공기공급

2개의 반응조에 8kg(생중량)씩의 제지 슬럿지를 넣고 1분당 2*l* 씩 35°C의 공기를 일정시간 간격을 두고 1분씩 송풍하여 공급하면서 온도의 변화와 방출되는 CO_2의 양을 측정하였다. 이때 송풍시간 간격은 30, 60, 120, 240, 480 분씩으로 하고 각각 72시간 동안 측정하였다.

2.2.2 질소원 첨가

제지 슬럿지 16kg(생중량)에 질소원으로 0.5, 1.0, 2.0% 요소액 6*l* 씩을 첨가하여 균일하게 잘 섞은 뒤 요소첨가량 별로 2개의 반응조에 8kg씩 넣고 분당 2*l* 씩 35°C의 공기를 1분간씩 1시간 간격으로 송풍하면서 온도의 변화와 방출되는 CO_2의 양을 96시간 동안 측정하였다.

2.2.3 정체식 더미에 의한 실험

실제 자연상태에서 제지슬럿지의 퇴비화 양상을 알기 위하여 단순 정체식 더미(static pile) 방법을 이용하였다. 슬럿지의 함수율이 약 50% 될 때까지 자연건조시킨 후, 200kg의 슬럿지에 1%의 요소액 70*l* 를 첨가하여 섞은 뒤 100kg씩 쌓아두고 하나는 2, 4, 8, 12일 마다 뒤집어 주면서 처리하고, 다른 하나는 그대로 방치하면서 16일간의 온도변화를 측정하였다. 또한, 1, 2, 4, 8, 12, 16일에 시료를 더미로부터 채취하여 pH, 함수율, 탄질율의 변화와 중온성과 고온성 미생물의 밀도를 측정하였다. pH 측정은 슬럿지 시료 10g(생중량)을 증류수 90ml에 넣어 30분간 진탕한 뒤 pH 측정기를 이용하여 하였고, 미생물(세균 및 방선균) 밀도는 중온성은 25°C, 고온성은 45°C에서 토양희석 한천평판법으로 1/10 Tryptic Soy Agar를 이용하여 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3. 1 반응조에 의한 실험

3.1.1 공기공급의 영향

공기공급량에 따른 제지슬럿지의 분해정도와 온도변화는 1시간 또는 2시간에 1분씩 강제 송풍(2*l* /min.)을 해준 경우, 초기 CO_2 방출량이 2,000~2,500 ppm으로 서서히 증가하여 반응기에 넣고 60 시간후 방출량이 3,300 ppm으로 가장 높았으며 그 이후로는 감소하기 시작하였다(Fig.2A). 온도 변화도 비슷한 양상의 변화를 보였는 데 초기 27.5°C에서 60시간 후 각각 34°C, 31°C에 도달하였다(Fig.2B). 그러나, 30분마다 1분씩 송풍을 하였을 때는 CO_2 방출량은 바로 감소하기 시작하였고 온도도 24시간 후 부터 떨어지기 시작하였다. 이것은 잦은 송풍에 의한 온도저하와 슬럿지내 수분증발로 인한 미생물 활동의 저하 때문으로 생각된다. 이 결과를 이용하여 제지슬럿지가 필요로 하는 산소량을 산출할 수 있지만 실제로 슬럿지 양이 많아졌을 때 보온에 따른 고온 미생물들의 활성증가에 따른 산소소모량이 증가될 수 있으므로 응용을 위해서는 이 결과에 바탕을 둔 대량 슬럿지 처리씨스템 운용을 실제로 하면서 공기공급량을 결정해야 할 것으로 생각된다. 또한 퇴비화 반응 중의 CO_2 방출량과 온도간의 상관관계를 구해보면 세가지 방법에 의한 처리에서 모두

상관계수 r>0.8으로 고도의 정상관을 나타 내었는데(온도증가에 따라 CO_2 생산량이 증가함) 이것은 제지슬럿지의 퇴비화가 미생물의 활동에 의해 정상적으로 진행되고 있음을 보여주고 있다(Fig. 3).

송풍간격을 4시간 또는 8시간에 1분씩으로 하였을 때는 CO_2 방출량은 초기에 비해 시간이 경

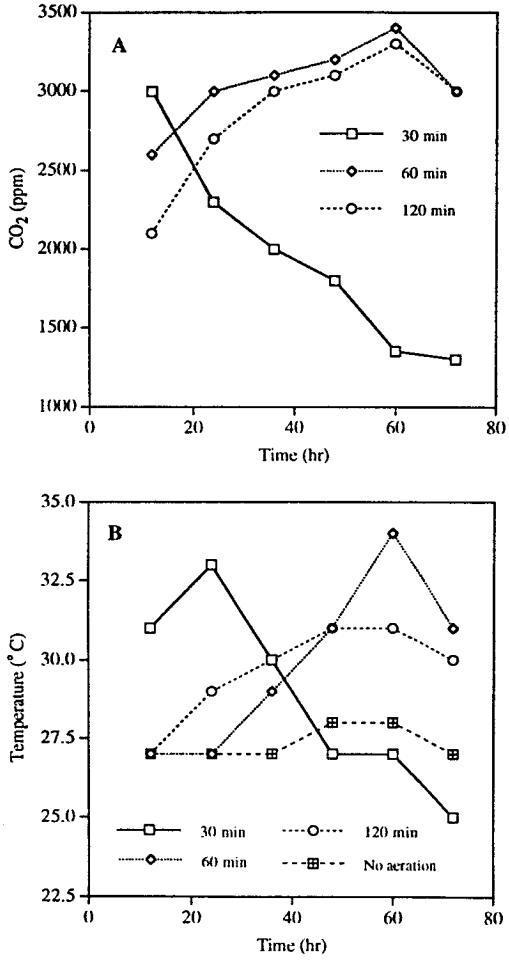

Fig. 2. Effect fo aeration interval on CO_2 production(A) from paper mill sludge and temperature change of the sludge(B) in a reactor with composting time.

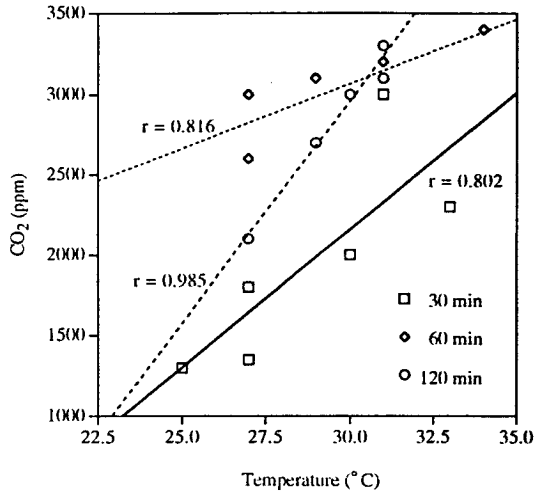

Fig. 3. Relationship between CO_2 production and temperature of composted paper mill sludge in a reactor with various aeration intervals.

과할수록 급격히 감소하였으며, 반대로 온도는 4시간 간격으로 처리한 경우에는 초기 24°C에서 24시간까지 올라갔다가 감소하기 시작하였고 8시간 간격으로 처리시에는 48시간까지 높아졌다가 떨어지기 시작하였다(Fig. 4). 또한, CO_2 방출량과 온도간의 상관관계는 Fig. 5에 나타내었는데, 상관계수 r이 −0.93으로 고도의 부상관을 보였다. 이것으로 보아 이 상태에서는 정상적인 호기적 조건에서의 미생물 활동이 일어나지 않고 공기부족에 의한 혐기성 생물작용이 일어난 것으로 생각된다.[3] 이러한 조건이 계속되면 퇴비화 효율이 감소되며 악취가 발생될 수 있다. 퇴비화 공정운용에 있어서 폐기물 부숙기간 중 공기 공급량의 조절은 아주 중요한 요인으로 퇴비내의 호기성 유지뿐만 아니라 온도조절, 수분조절의 역할도 동시에 하므로 적절한 조건을 설정하는데 유의해야 한다.[10), 13)]

3.1.2 질소원 첨가의 영향

요소 첨가량에 따른 퇴비화 진행정도를 보면

Fig.6과 같이 0.5%, 1.0% 요소용액 6*l* 첨가시 반응 1일 후까지 CO_2 방출량이 각각 2,700 ppm, 3,100ppm에서 3,500ppm 정도로 증가하였다가 그 이후로는 급격히 감소하여 90시간 후에는 1,800ppm 정도가 되었다. 2.0% 요소용액 처리시에는 CO_2 방출량은 초기부터 서서히 증가하다가 48시간후 3,500ppm으로 가장 높았다가 감소하였다. 0.5와 1.0%의 요소용액 처리

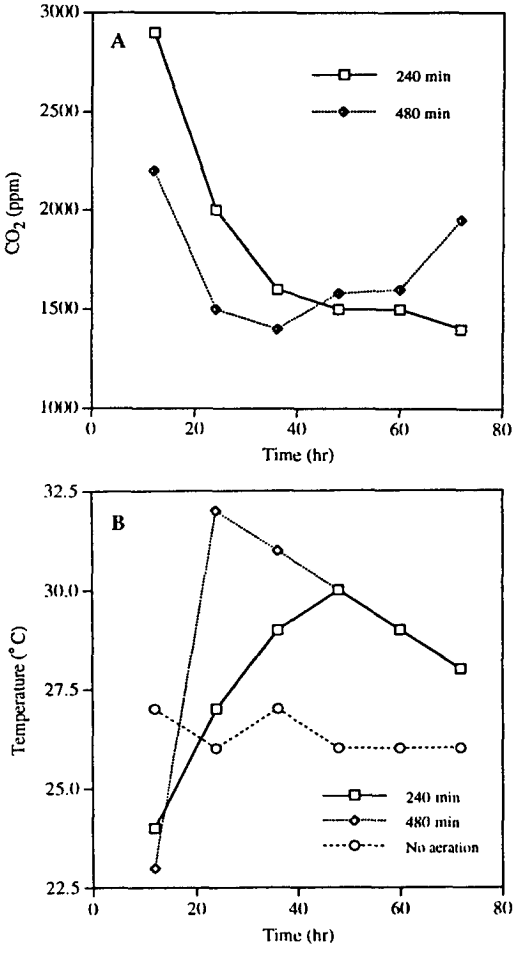

Fig. 4. Effect of aeration interval on CO_2 production(A) from paper mill sludge and temperature change of the sludge(B) in a reactor with commposting time.

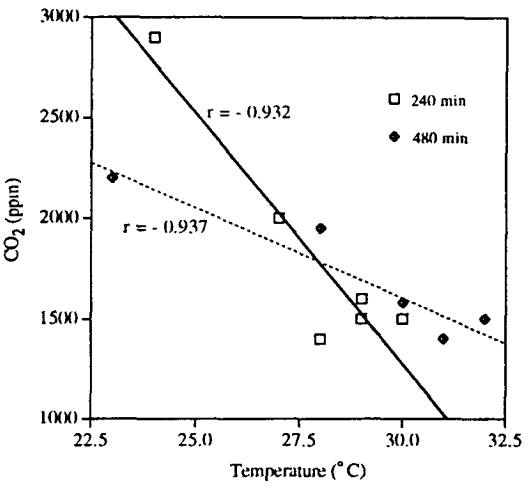

Fig. 5. Relationship between CO_2 production and temperature of composted paper mill sludge in a reactor with various aeration intervals.

에서는 무처리(Fig.2A, 60 min.)에 비해 훨씬 빨리(1일) CO_2 방출량이 증가 되었는데, 이것은 슬럿지 퇴비화, 초기의 탄질율이 무처리의 그것보다 낮게 되어 부숙이 촉진된 것으로 생각된다. 2.0% 용액 처리에서 CO_2 발생량의 증가가 느려진 것은 질소과잉에 의한 암모니아 때문에 미생물의 활동이 억제된 것 같다. 온도 변화도 CO_2 발생량과 동일한 경향을 나타내었다. 이 결과를 바탕으로 퇴비화를 위한 슬럿지의 질소원 양과 추가로 첨가해야 할 시간 등을 결정할 수 있을 것으로 생각되지만 실제로 대량의 슬럿지 퇴비화를 위해서는 수차례 실험에 의한 적정조건 결정이 중요하다. CO_2 발생량과 온도와의 상관관계는 고도의 정상관을 보여 정상적인 미생물 분해활동이 이루어 지고 있음을 알 수 있다 (Fig.7).

이상의 반응조 실험에서 제지 슬럿지 퇴비화 과정중 온도가 고온으로 유지되지 못한 것은 상대적으로 작은 반응조 크기 때문에 슬럿지 자체에 의한 보온이 이루어지지 않은 것 때문으로 생

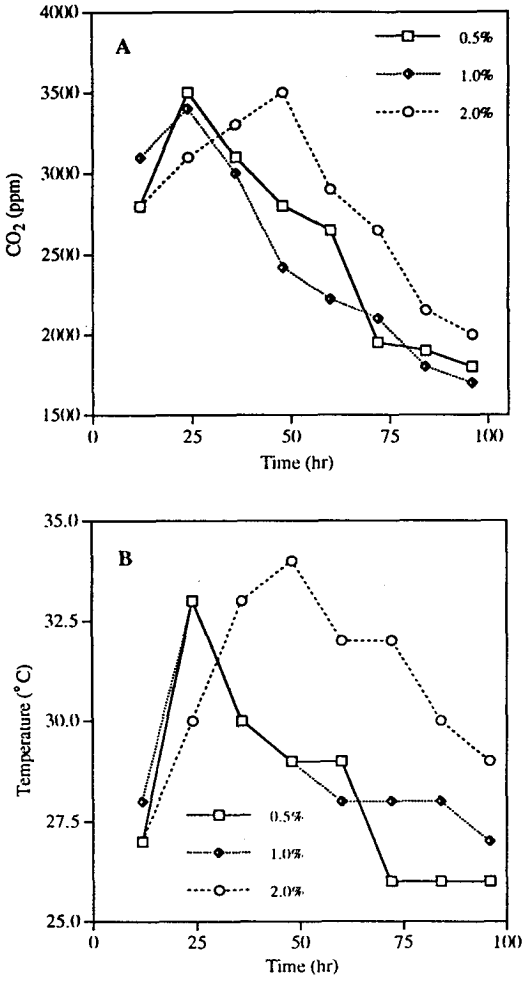

Fig. 6. Effect of urea application on the CO_2 production(A) from paper mill sludge and temperature changes(B) of the sludge in a reac-tor with commposting time.

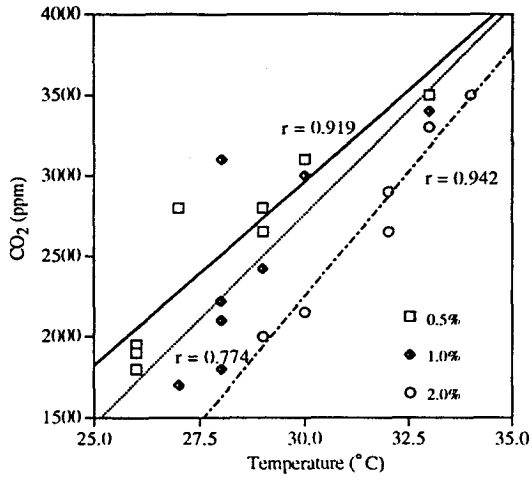

Fig. 7. Relationship between CO_2 production and temperature of composted paper mill sludge applicated with various levels of urea.

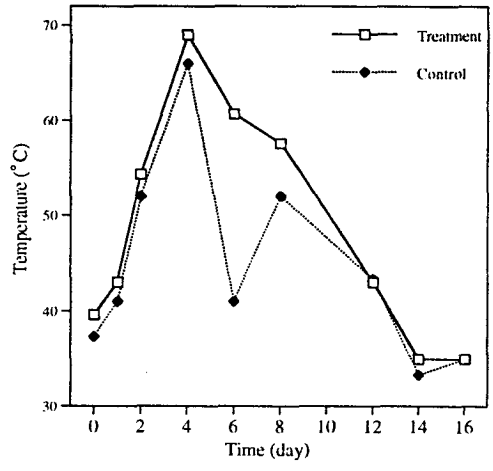

Fig. 8. Fluctuation of temperature in the paper mill sludge piles with composting time.

각된다. 이 실험에서는 중온성 미생물이 주로 분해에 관여하였으나 퇴비가 고온이 되면 중온성 미생물이 고온성 미생물에 의해 대체되며 퇴비더미 내부에서는 이 미생물들이 분해를 하게 된다.[7), 11)]

3. 2 정체식 더미(static pile system)에 의한 실험

제지슬럿지 100kg에 1% 요소용액 35l 를 첨가후 잘 섞은 뒤 실내공간에 쌓아두고 하나는 적정시간 간격으로 뒤집어 주고 다른 것은 그대로

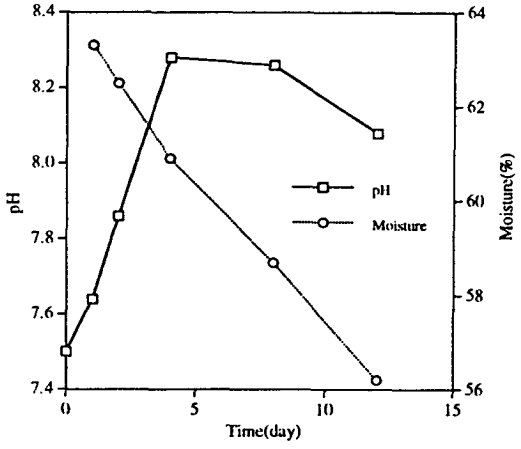

Fig. 9. Change fo pH and moisture content of paper mill sludge during composting.

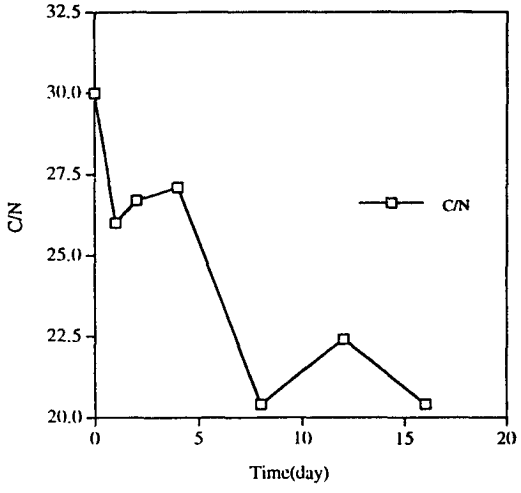

Fig. 10. Change in the C/N ratio of paper mill sludge during composting.

방치하면서 16일간 온도변화를 조사한 결과는 Fig.8과 같다. 요소용액 처리구, 무처리구 모두 온도변화는 일반적인 정체식 더미 퇴비화 과정의 전형적인 양상을 보였다. 초기에는 37~40°C 이었고 2일 후 52~54°C, 4일 후에는 65~68°C로 가장 높았으며 이후로 온도가 떨어져 14일

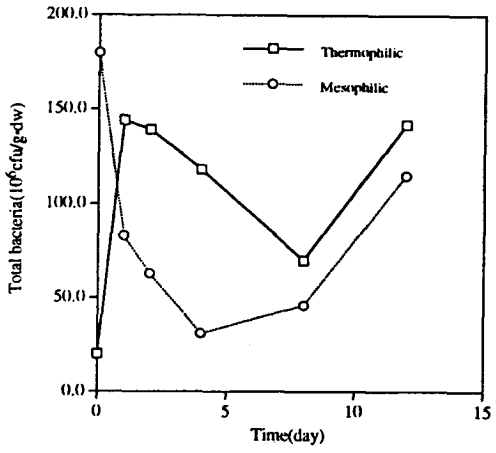

Fig. 11. Change in the bacterial population of paper mill sludge with composting time.

후에는 초기와 비슷한 온도로 유지되었다. 뒤집기를 하지 않은 무처리구의 온도는 처리구보다 약간 낮은 경향을 보였으나 전체적으로 경향은 같았다. 이 기간중 셀루로즈 등 슬럿지의 분해 가능한 유기물이 미생물에 의하여 분해되어 전체 부피의 약 40%정도가 감소되었다.

정체식 더미의 퇴비화 과정중 제지 슬럿지의 pH, 함수율, 탄질비 및 미생물의 밀도 변화를 측정한 결과는 Fig.9~11과 같다. pH는 퇴비화 처리전 7.5 이었으나 계속 상승하여 4일째에는 약 8.3으로 유지되었고, 8일 이후에는 서서히 감소하기 시작하여 12일 후에는 8.1이 되었다. 함수율은 과정 초기에 63%에서 계속적으로 감소하여 12일 후에는 56%가 되었다(Fig.9). 탄질율은 퇴비화 초기에 30이었으나 점차적으로 감소하여 16일째에는 약 20으로 안정화 되었다(Fig.10). 일반적으로 제지슬럿지는 탄질율이 80 이상으로 일려져 있는데 본 실험에 사용된 슬럿지는 폐수처리시 처리효율을 높이기 위하여 질소원을 첨가한 것 때문에 탄질율이 퇴비화에 적합한 정도로 낮게 되었다고 생각된다. Fig.11에 나타낸 퇴비화 진행과정의 직접적인 지표인

중온성, 고온성 미생물의 밀도변화를 보면 초기에는 중온성 미생물에 대한 고온성 미생물의 비율이 증가하였다가 4일후에는 감소하기 시작하였다. 중, 고온성 미생물의 천이는 퇴비화 과정 중의 전형적인 미생물 변화로 퇴비 부숙도 판정을 위한 하나의 지표로 이용될 수도 있다.

4. 결 론

제지 슬럿지의 적정퇴비화 조건을 찾기 위한 12l 의 소형반응장치를 제작하여 공기공급량과 질소원량에 따른 CO_2 방출량과 온도변화를 조사하고, 정체식 더미 씨스템으로 슬럿지 퇴비화 과정 중 물리화학적, 미생물학적 변수의 변화를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 1시간 또는 2시간에 1분간씩 분당 2l 로 8kg 슬럿지에 송풍을 하여 준 경우 반응기에 넣고 60시간까지 CO_2 방출량과 온도가 서서히 증가하였으나 그 이후로는 감소하기 시작하였다. 그러나 30분마다 1분씩 송풍하였을 경우에는 CO_2 방출량이 바로 감소하기 시작하였고 온도는 24시간 후부터 떨어지기 시작하였다. CO_2 방출량과 온도간의 상관관계를 조사한 결과 3처리 모두 고도의 정상관($r=0.802$, 0.816, 0.985)을 보여 반응조 내에서 제지슬럿지의 퇴비화가 미생물의 정상적인 활동에 의하여 진행되고 있슴을 알 수 있었다. 그러나, 송풍간격을 4시간 또는 8시간에 1분간씩으로 하였을 경우에는 CO_2 방출량은 시간이 경과할수록 감소하였으나, 온도는 전자의 경우 24시간까지 올라갔다가 감소하기 시작하였고, 후자의 처리시에는 48시간까지 높아졌다가 떨어지기 시작하였다. CO_2 방출량과 온도간의 상관관계는 $r= -0.93$으로 고도의 부상관을 보였다. 이것으로 보아 이 상태에서는 정상적인 호기적 조건에서의 미생물활동이 진행되지 않은 것으로 생각되며 산소부족에 의한 혐기성 생물작용이 일어남을 알 수 있었다.

2. 요소첨가량에 따른 퇴비화 진행정도를 보면 0.5%, 1.0% 요소용액 6l 처리시 처리 1일 후까지 CO_2 방출량과 온도가 증가하였다가 그 이후로는 감소하였으나, 2.0% 용액 처리시에는 48시간 증가하다가 감소하였다. 이 결과 역시 CO_2 방출량과 온도의 상관관계는 고도의 정상관을 보여 정상적인 미생물분해 활동이 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

3. 다량의 슬럿지를 이용한 퇴비화 예비실험으로서 100kg의 슬럿지에 1% 요소용액 35l 을 살포하여 섞은 후 정체식 더미(static pile system)로 실내공간에 쌓아두고 적절한 간격으로 뒤짚어 주면서 16일간 온도, pH, 탄질비 및 미생물밀도의 변화를 조사한 결과, 최고온도가 65°C에 도달하였고, pH는 초기에 7.5이었으나 계속 증가하여 4일째에 약 8.3으로 유지되었고 8일 이후 점차 감소하기 시작하였다. 탄질율은 처리전 약 30이었으나, 16일 후에는 약 20으로 감소하였다. 퇴비화진행의 직접적인 지표로 중온성 및 고온성 미생물의 밀도는 초기에 중온성 미생물이 고온성 미생물에 비하여 높았으나, 시간이 경과하면서 고온성 미생물의 밀도가 높아져 온도변화와 유사한 변화를 나타내었다.

4. 이상의 결과로 미루어 볼 때 제지슬럿지는 그 발생원에 따라 약간씩 차이는 있겠으나, 적절한 퇴비화 조건에 따라 효율적으로 퇴비화시킬 수 있을 것으로 생각되었으며, 좀 더 효율적이고 실용적인 퇴비화 조건을 확립하기 위하여 대량의 슬럿지를 처리할 수 있는 적절한 크기의 퇴비공정 설비와 씨스템을 이용한 실험이 계속적으로 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 1993년도 환경처 선도기술개발사업(G7)의 연구비 지원으로 이루어 졌습니다.

참 고 문 헌

1) 장기운, 김상덕, 최우영, 이규승. 1992. 제지 슬럿지 퇴비의 농업적 이용연구 I, 강남콩에 대한 시용효과. 한국토양비료학회지 25(2):149-154.

2) 최홍림, 김현태, 하호성, 정영륜, 남상일, 서형덕, 장원준. 1992. 이화학적 환경변수가 제지슬럿지 케이크의 조기부숙에 미치는 영향. 한국농공학회지 34(3):75-84.

3) 정영륜. 1992. 퇴비화 기술의 생물학적 분석. Ⅲ, 3-28. 유기성 폐기물의 자원화기술, 산학협동공개강좌. 한국과학기술원.

4) EPA. 1989. In-Vessel Composting of Municipal Wastewater Sludge, Summary Report. US EPA. 169.

5) Finstein, M. S. and M. L. Morris. 1975. Microbiology of municipal solid waste composting. Adv. Appl. Microbiol. 19:113-151.

6) 환경처. 1992. 부패성 쓰레기 분리수거 및 적정처리방안 조사연구 보고서(초안). 환경처.

7) Hoitink, H. A. J., G. A. Kuter and C. E. Kipp, Jr. 1984. Optimum process parameters for composting sludge. Ohio Report 69(3):35-49.

8) Hoitink, H. A. J. and P. C. Fahy. 1986. Basis for the control of soil borne plant pathogens with composts. Ann. Rev. Phytopath. 24:93-114.

9) 구자공. 1993. 선진각국의 폐기물 재활용 동향. 유기성폐기물자원화 1(2): 151-169.

10) Kuter, G. A., H. A. J. Hoitink and L. A. Rossman. 1985. Effects of aeration and temperature on composting of municipal sludge in a full-scale vessel system. J. Water Poll. Cont. Fed. 57(4):309-315.

11) MacGregor, S. T., F. C. Miller, K. M. Psarianos and M. S. Finstein. 1981. Composting process control based on interaction between microbial heat output and temperature. Appl. Env. Microbiol. 41(6):1321-1330.

12) 오세균, 손창만, 한신호, 신종호, 조천희, 강문희, 정영륜. 1993. 제지공장 폐기물의 composting 기술개발에 관한 연구. 한국화학연구소. 환경처, 과학기술처.

13) Nakasaki, K., J. Kato, T. Akiyama and H. Kubota. 1987. A new composting model and assessment of optimum operation for effective drying of composting material. J. Ferment. Technol. 65(4):441-447.

14) Poincelot, R. P. 1971. The biochemistry and methodology of composting. Conn. Agric. Exp. Stn. Bull. 27.